

Probiertechnik bei Georg Agricola und Lazarus Ercker

Hammer, Peter

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 61, 2008,
S.399-410



Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Probiertechnik bei Georg Agricola und Lazarus Ercker

PETER HAMMER

Das letzte Viertel des 18. Jahrhunderts, als LAVOISIER (1743–1794) die Verbrennung als Verbindungsbildung mit dem Sauerstoff erkannte, wird im Allgemeinen als Beginn des Zeitalters der quantitativen Untersuchungen in der Chemie angesehen. Mit der alten Probiertechnik mussten jedoch schon lange vorher genaueste quantitative Analysemethoden angewendet werden.

Im Buch VII seines Werkes *De re metallica libri XII* beschreibt AGRICOLA die Probiervorgänge wie folgt: *Doch die bereits geschmolzenen Metalle pflegen wir zu probieren, so daß wir in Erfahrung bringen können, wie groß der Anteil Silber in einem Zentner Kupfer oder Blei ist oder welchen kleinen Teil Gold ein Pfund Silber in sich enthält; [...] Ja, ein solcher Versuch lehrt, ob Münzen echt oder unecht sind und stellt mit Sicherheit das Silber fest, wenn davon mehr als recht ist die Münzer dem Golde beigemischt haben; oder Kupfer, wenn dieselben dieses mehr, als sie dürfen, mit dem Gold oder Silber legiert haben; [...]*¹

Nach LAZARUS ERCKER² ist das Probieren eine Kunst, die lehrt, welche und wie viel an Metallen die *Bergarten* enthalten, wie die Metalle zu trennen und wie die Verunreinigungen zu entfernen sind. *Auch bei den Münzwerken, dort also, wo aus Gold und Silber Geld gemacht wird, ist dem Probieren neben den scharfsinnigen, dazu gehörigen Berechnungen keineswegs zu entraten, sondern höchst notwendig.*

In der Probiertechnik findet man bereits alle notwendigen Elemente der Analytik:

- vorschrittmäßige und identische Probenahme
- genaue Einwägung
- Beherrschung des Trennungsganges
- Doppelbestimmungen
- Genaue Endwägung
- Berechnungen

¹ AGRICOLA 1556, Buch VII, S. 298.

² ERCKER 1580, S. 43.

Probenahme

Das Probieren der Erze hat AGRICOLA wie oben erwähnt beschrieben. Die Vorbereitung geschieht durch Brennen, Rösten, Pochen und Waschen. Hartes Erz muss gebrannt werden, damit es gepocht und gewaschen werden kann. Alles, was gewaschen wurde, muss wieder getrocknet werden. Die Erze müssen zum Probieren fein zerkleinert und gut vermengt vorliegen.

Auf dem Gebiet der Münztechnik werden von LAZARUS ERCKER interessante Einzelheiten zur Analytik der Münzen aufgeführt. Die Probeentnahme geht davon aus, dass die Silberverteilung sowohl in einer Münze als auch in verschiedenen Münzen ungleich ist und daher eine Granulation, ein Aushämmern und die Beprobung mehrerer Münzen vorsieht. Als weiteres Qualitätsmerkmal ist die Doppelbestimmung angeführt.

Ercker empfiehlt gemünztes Geld nach groben und kleinen Sorten folgender Maßen zu probieren: Grobe Sorten wie Taler und Gulden dünn zu schlagen und mit der Schere 2 Probiermark abzuschneiden. Bei Zwei- und Dreikreuzern von 3 Stück kleine Stücke abschneiden, von den Rändern auch etwas (in welche Probe zuviel von den Rändern kommt, diese wird am Gehalt reicher). Wiege zwei gleiche Mark nach dem Grängewicht ein – haben die Körner die gleiche Schwere, so ist die Probe richtig gemacht. Vergleich eines der Körner mit dem Grängewicht, wie viel Du dann Lot und Grän findest, soviel enthält 1 Mark der genannten Münzen feines Silber.³

Ercker schreibt weiter: *Von Pfennigen nimm 12 Stück, schneide von jeden 2 Stück ab, dicke und dünne Stellen! Das feine Korn wird bei den Proben, in denen viel Dünnes ist, fast 2 Grän höher als bei denen, in denen viel von den dicken Pfennigen enthalten ist. Weil aber die kleinen Münzen wegen des Weißsiedens im Gehalt ungleich sind, so ist der Gehalt am besten so zu erkunden, dass man 1 Mark dieser Münzen in einem Tiegel zusammenschmilzt und zu einem Zain gießt und man diesen Zain probiert.*⁴ Auch AGRICOLA⁵ beschreibt die Entnahme des Münzmaterials für die Probe inklusive der Doppelbestimmung sehr ausführlich.

Der Aufwand zur Entnahme der zu analysierenden Proben scheint unter heutigem Gesichtspunkt recht hoch, jedoch garantierte diese Verfahrensweise der repräsentativen Probeentnahme sowie der Doppelbestimmung eine hohe Genauigkeit der Analysenergebnisse.

³ Vgl. ERCKER 1580, S. 84 f.

⁴ ERCKER 1580, S. 85.

⁵ AGRICOLA 1556, Buch VII, S. 329.

Die Wägetechnik

Die Wägetechnik erforderte hohe Ansprüche, die gerade in den Münzstätten den höchsten technischen Stand erreichte. Selbstgefertigte Waagen und Gewichtssätze mit genauer Abstufung bestimmten die hohe Genauigkeit.

Die Waagen müssen auf die zu wägenden Stücke abgestimmt und entsprechend abgestuft sein. Die Empfindlichkeit, definiert als die gerade noch zu bestimmende Masse, wird bei der Balkenwaage u. a. durch die Masse und Länge der Balken sowie durch die Reibung in den Drehpunkten bestimmt. AGRICOLA unterscheidet drei kleinere Waagen: A. für einige Unzen / B. für Probierzentner / C. für Körner (Abb. 1).

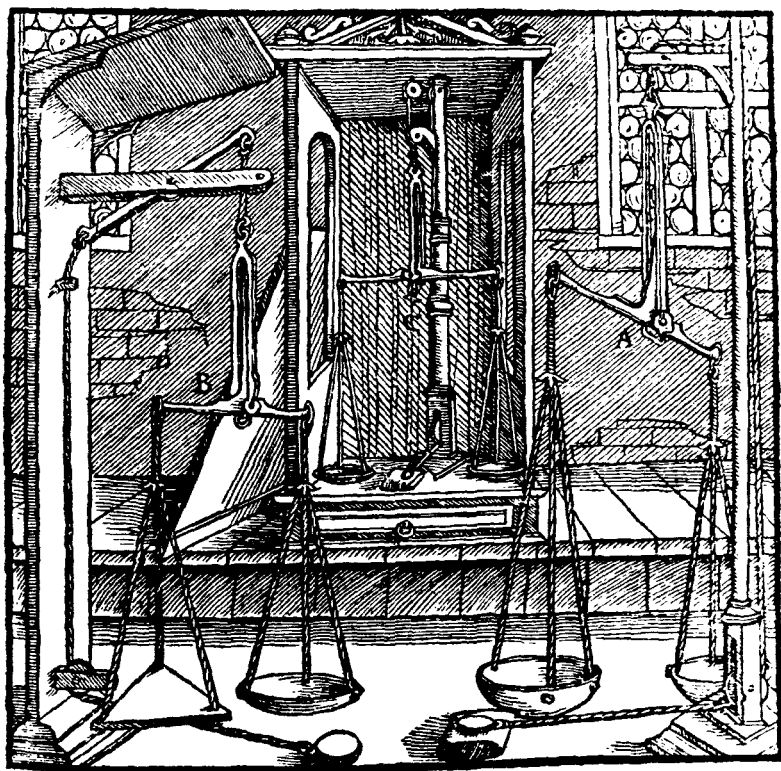


Abb. 1: Die drei kleinen Waagen nach AGRICOLA 1556, Buch VII, S. 345.

Empfindlichkeit: A. für einige Unzen (1 Unze = 29,2 g).

B. für Probierzentner (3,6 g).

C. für Körner (ca. 3 mg).

Es gibt drei kleinere Waagen, mit denen wir Erz, Metalle und Zuschläge wiegen. Mit der ersten wiegen wir Blei und die Zuschläge: Sie ist unter den kleineren Waagen die größte; und wenn man 3 Unzen (1 Unze = 29,2 g) des größeren Gewichts auf die eine ihrer Schalen legt und ebensoviel auf die andere, leidet sie keinen Schaden. Die zweite ist empfindlicher; auf ihr wiegen wir Erze oder Metall, die wir probieren wollen. Sie kann 1 Zentner des kleineren Gewichts gut auf der einen Schale tragen (3,6 g) und auf der anderen Erz oder Metall, so schwer, wie dieser kleine Zentner ist. Die dritte ist die empfindlichste; mit ihr wiegen wir die kleine Menge⁶ (die Körner) Gold oder Silber, die nach Durchführung des Probierens am Boden der Kapelle zurückgeblieben ist.⁷

Um hohe Empfindlichkeiten zu erreichen, stellten sich die Probierer ihre Waagen selbst her oder verbesserten käufliche Waagen (Nürnberg, Köln oder auch aus dem Bergischen Land) durch Feinabgleich und Abschirmung.

In Bezug auf die Probiergewichte ist auffällig, dass in der zeitgenössischen Literatur des Probierens der größte Wert auf deren Einteilung und nicht auf deren Masse gelegt wird. Die Einteilung der Probiergewichte erfolgte entsprechend der Handelsgewichte, nur auf geringerer Basis. Man besaß den Zentner, das Pfund, die Mark als Handelsgewichte und dementsprechend den Probierzentner, das Probierpfund und die Probiermark als Probiergewichte. Während die Handelsgewichte definierten Massen entsprechen mussten, kam es bei den Probiergewichten nicht auf eine bestimmte Masse an. Für die analytischen Bestimmungen war jedoch die Abstufung von entscheidender Bedeutung, was die vorrangige Behandlung in den Probierbüchern erklärt.

Diese Probiergewichte wurden von den Probierern selbst angefertigt und stellten die Grundlage der exakten Feingehaltsbestimmung dar.⁸ Die Gewichtsreihen wurden entweder von oben nach unten, beginnend mit dem Probierzentner oder der Probiermark oder von unten nach oben bzw. alternierend eingewogen.

⁶ Empfindlichkeit ca. 3 mg.

⁷ AGRICOLA 1556. Buch VII, S. 344.

⁸ Dem kam entgegen, dass es an sicher justierten Gewichtsstücken fehlte. Die in den verschiedenen Münzstätten gebrauchten Gewichtsstücke wichen mehr oder weniger beträchtlich voneinander ab (GROTE 1865, S. 48).

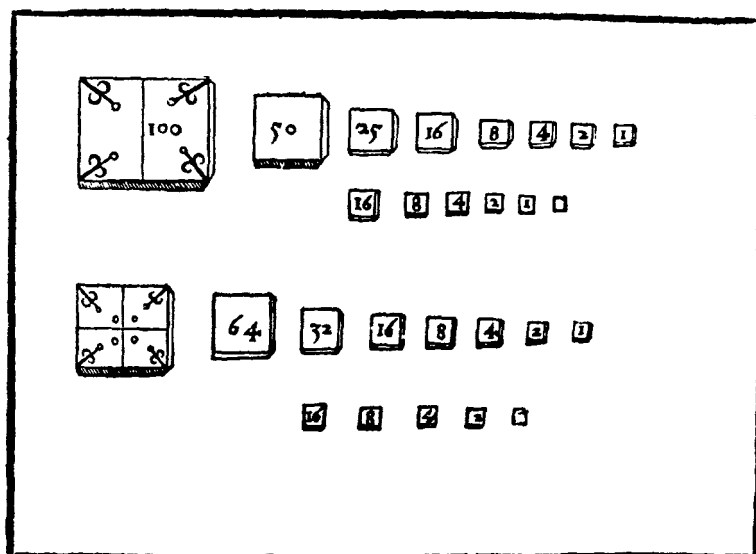


Abb. 2: Abstufung der Wägestücke nach AGRICOLA (1556, S. 341) in Pfund und Lot.

Obere Reihe: 100, 50, 25, 16, 8, 4, 2, 1 Pfund, $\frac{1}{2}$ Pfund

= 1 Mark = 16 Lot, 8, 4, 2, 1 Lot.

Untere Reihe: 112, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1 Pfund, $\frac{1}{2}$ Pfund

= 1 Mark = 16 Lot, 8, 4, 2, 1 Lot.

Die Einteilung der Probiergewichte erfolgt nach AGRICOLA in zwei Reihen (Abb. 2), die auch ERCKER anwendet, wobei sich nach ERCKER Vorteile der unteren Reihe wegen der besseren Teilbarkeit der Wägestücke ergeben. AGRICOLA schreibt dazu: *Die Gewichtsstücke sind aus Silber, Messing oder Kupfer hergestellt. Die ersten und größten davon wiegen meist 1 Quent [= 3,6 g]. Je kleiner sie nämlich sind, desto brauchbarer sind sie, desto weniger nämlich brauchen wir von dem zu probierenden Erz oder Metall und Blei. Dieses Stück heißt ein Probiertzentner⁹ und entspricht der größeren Zahl von Pfunden, die ebenfalls 100 wiegt.*¹⁰

Eine Einteilung der Probiemark wendet LAZARUS ERCKER¹¹ an, wobei er nach dem Grän- und nach dem Pfenniggewicht unterteilt (Abb. 3). Die Einteilung nach dem Grängewicht umfasst 12 Gewichte, die bis ca. 0,09 % reichen. Die andere Unterteilung nach dem Pfenniggewicht umfasst 10 Stücke bis 0,2 %, wobei 1 Mark = 16 Lot = 256 Pfennigen entspricht, 1 Lot = 16 Pfennig; 16 Pfennige = 18 Grän.

⁹ AGRICOLA 1556, Buch VII, S. 759, Anmerkung 350 in Freiberg: 3,75 g.

¹⁰ AGRICOLA 1556, Buch VII, S. 338 ff.

¹¹ ERCKER 1580, S. 63.



Abb. 3. Einteilung der Probiemark nach dem Pfenniggewicht und dem Grängewicht in Anlehnung an ERCKER (Ercker 1580, S. 63) auf Vergleichsflächen bezogen.

Einteilung der Probiemark nach dem Pfenniggewicht (untere Reihe)	Einteilung der Probiemark nach dem Grängewicht (obere Reihe)
16 Lot = 1 Mark / 100 % (64 cm ²)	16 Lot = 1 Mark / 100 % (64 cm ²)
8 Lot / 50 % (32 cm ²)	8 Lot / 50 % (32 cm ²)
4 Lot / 25 % (16 cm ²)	4 Lot / 25 % (16 cm ²)
2 Lot / 12,5 % (8 cm ²)	2 Lot / 12,5 % (8 cm ²)
1 Lot = 4 Quent / 6,25 % (4 cm ²)	1 Lot = 18 Grän / 6,25 % (4 cm ²)
2 Quent / 3,125 % (2 cm ²)	9 Grän / 3,125 % (2 cm ²)
1 Quent = 4 Pfennig / 1,6 % (1 cm ²)	6 Grän / 2,1 % (1,3 cm ²)
2 Pfennig / 0,8 % (50 mm ²)	3 Grän / 1,05 % (65 mm ²)
1 Pfennig = 2 Heller / 0,4 % (25 mm ²)	2 Grän / 0,7 % (40 mm ²)
1 Heller / 0,2 % (12,5 mm ²)	1 Grän / 0,35 % (20 mm ²)
	1/2 Grän / 0,17 % (10 mm ²)
	1/4 Grän / 0,09 % (5 mm ²)

Es werden also die Gräne in kleinere Teile eingeteilt als die Pfenniggewichte, sodass sich nach dem Grängewicht der Gehalt genauer angeben lässt. Über die Genauigkeit der Bestimmung informiert LAZARUS ERCKER: *Obwohl der vierte Teil eines Gräns [das entspricht 0,09 %] beim Angeben des Gehaltes nicht gebräuchlich ist, so hat ihn der Probiierer doch nötig, um genauen Bericht zu erstatten.*¹²

¹² ERCKER 1580, S. 64.

Für die Probiemark gelten dieselben Betrachtungen wie für den Probierzentner. Eine festgelegte definierte Probiemark gibt es nicht. Die Gründe dafür sind die Unmöglichkeit der Herstellung und Verbreitung eines derart genauen Standardgewichtes. Die Probierer stellten ihre Reihen der Wägestücke selbst so her, dass das kleinste Gewicht der höchsten Empfindlichkeit der empfindlichsten Waage entsprechen musste¹³ und die vorgegebenen Abstände genau eingehalten werden mussten. Die Anfertigung der Reihen der Gewichtsstücke war nach dem Duodezimalsystem – durch Verdopplung oder Halbierung der Massen – einfach und mit geringem Fehler verbunden.

Beherrschung des Trennungsganges am Beispiel der Kupellation (Probieren von Silber)

Das Probieren auf Silber mithilfe der Kupellation und die schmelzmetallurgische Silbergewinnung sind ein und derselbe Vorgang, der sich nur nach den Mengen unterscheidet.

Das Probieren durch die Feuerprobe mit einer Kupelle (besonderer Tiegel), daher auch Kupellation genannt, besteht darin, dass die Silber enthaltende Probiermenge mit Blei verschmolzen wird. Das Blei wird dabei durch den Luftsauerstoff zu Bleiglätte PbO oxidiert. Diese nimmt die Verunreinigungen in sich auf und wird auch aufgrund ihrer geringen Oberflächenspannung vom Tiegelmaterail aufgesaugt. Silber löst sich nicht in der Bleiglätte, bleibt also in der Kupelle zurück und zeigt sich nach Entfernung der Glätte durch seinen Silberblick. Die Beherrschung dieses metallurgischen Vorgangs erfordert sehr viel Erfahrung der Probierer und Silberbrenner. Nach einer alten Regel heißt es: *Kalt getrieben – heiß geblickt*. Bei heißem Treiben wird mehr Silber in die Kupelle abgeführt, was zu beachtlichen Silberverlusten führen kann.

¹³ In einer eigenen Versuchsreihe mit einer kleinen Dukatenwaage kam der Autor bei einer Empfindlichkeit von 3,5 mg für $1/2$ Grän auf 2,016 g der Probiemark.

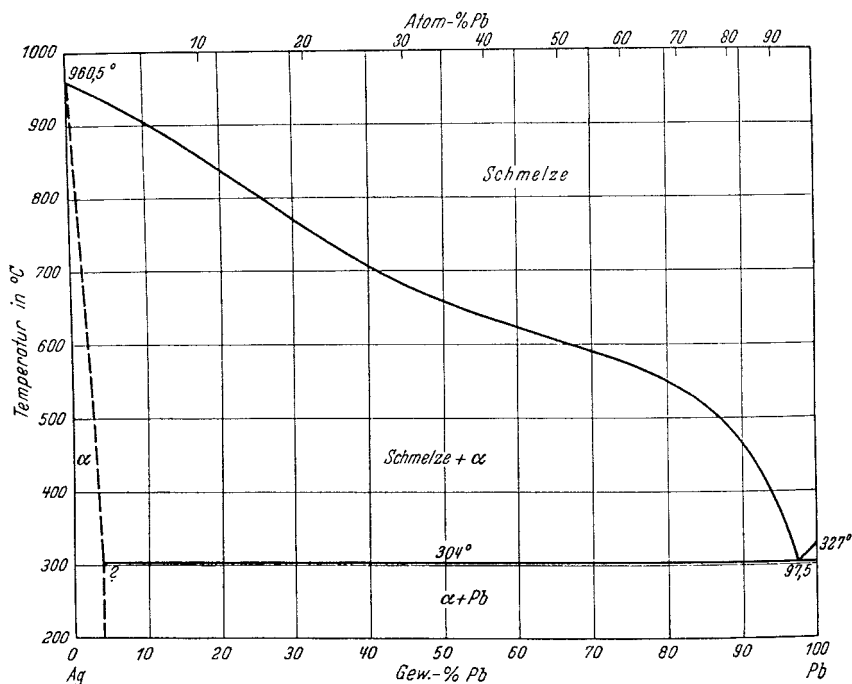


Abb. 4: Das Zweistoffsystem Silber-Blei (HANSEN 1936, S. 46). Schmelzpunkt von Blei 327°C, von Silber 960,5°C, Eutektikum bei 304°C und 97,5 % Silber.

Das Silber-Blei-Zustandsschaubild nach HANSEN¹⁴ zeigt die vollständige Mischbarkeit der beiden Metalle im flüssigen Zustand sowie den Temperaturverlauf der Liquiduskurve an. Es ist ersichtlich, dass es zu Beginn des Prozesses nicht nötig ist, die Temperatur unnötig hoch zu treiben (also kalt treiben). So ist bereits eine Schmelze aus 90 % Blei und 10 % Silber bei ca. 460°C vollständig flüssig und eine von 40 % Blei und 60 % Silber bei ca. 700°C. Die Anreicherung des Silbers durch Oxidation des Bleis ist mit den geringsten Silberverlusten verbunden, wenn nach der Liquiduskurve gefahren wurde. Beim Schmelzpunkt des Silbers von 960°C werden, wenn die Temperatur etwas geringer ist, noch Bleireste im Silber verbleiben und wenn die Temperatur zu hoch ist, Silberverluste eintreten. Das Können und die Erfahrung des Metallurgen und Probierers waren für die optimale Prozessführung entscheidend.

¹⁴ HANSEN 1936, S. 46, Abb. 4.

Die Menge des zuzugebenden Bleis ist von dem Silbergehalt abhängig, wozu sowohl von AGRICOLA als auch von ERCKER quantitative Angaben gemacht werden. (Bei 15-lötigem Silber setzt man 5 oder 6 Schweren Blei hinzu, bei 15 Lot 3 Quentlein nur 4 Schweren, bei 14-lötigem 9 Schweren usw.)

Im Zusammenhang mit der Kupellation steht die Frage nach der Reinheit des zurückgebliebenen Feinbrandsilbers¹⁵, denn schließlich war ja dieses Silber der Maßstab für alle anderen Legierungen.

AGRICOLA schreibt dazu: *Wenn es ganz feingebrannt ist, ist es ganz weiß, und 1 Mark davon ist bis auf 1 Quentlein*.¹⁶ – das sind 15 Lot 3 Quentlein (4 Quentlein = 1 Lot, 1 Quentlein = 1,56 %; $100\% - 1,56\% = 98,44\%$).

Denselben Wert gibt LAZARUS ERCKER an: *Brandsilber soll im allgemeinen haben: 15 Lot und 3 Quentlein* [4 Quentlein = 1 Lot, 1 Quentlein = 1,56 %], das sind 98,44 %. Dass es recht kritisch ist, den bestimmtem Feingehalt anzusteuern, zeigt eine Stelle im Großen Probierbuch: *Einige Silberbrenner setzen beim Brennen auf jede Mark Silber 1/2 Lot oder 1 Quentlein* [1,5 bis 3 %] *Garkupfer zu, damit das Silber nicht über, sondern auf seinen genauen Gehalt kommt. Dieses Kupfer bleibt nicht beim Silber, sondern geht mitsamt dem Blei in den Test. Dieser Zusatz erfolgt an den Orten, wo das Silber ohne Probe angenommen und bezahlt wird, damit kein Teil Schaden oder Nachteil erleidet*.¹⁷

GERHARD KRUG weist darauf hin, dass niemals der Begriff „Feinsilber“ auftritt, es wird nur von *Lötiger Mark* gesprochen. Er schreibt: *Gewiss war es nach dem damals üblichen Abtreibeverfahren möglich, hochfeines Silber von 998 herzustellen, doch musste dies mit einem ungewöhnlich hohen und zudem progressiv steigenden Verlust an Silbersubstanz bezahlt werden, sobald eine Feinheitsgrenze von etwa 15 Lot 12 Grän (0,979) überschritten war*.¹⁸

Gleichmäßig niedrige Bleiwerte moderner Analysen¹⁹ zeigen, dass der Schmelzer die Reinheit des Silbers während der Kupellation gut abschätzen konnte. Zur Erkenntnis wird der Vorgang des Spratzens – die beginnende Freisetzung des im flüssigen Silber gelösten Sauerstoffs – beigetragen haben, der nur bei reinem Silber auftritt.²⁰

Der stets im Silber in geringen Mengen vorhandene Goldanteil verblieb bei der Kupellation im Silber und ist daher mit im Silbergehalt enthalten.

¹⁵ HAMMER 1995.

¹⁶ AGRICOLA 1556, Buch X, S. 602.

¹⁷ ERCKER 1580, S. 94.

¹⁸ KRUG 1974, S. 211.

¹⁹ MOESTA/FRANKE 1995, S. 68.

²⁰ MOESTA/FRANKE 1995, S. 66.

Für das Legieren war es wichtig, das Silber mit reinem Kupfer zu legieren. Dazu bestand eine Probiervorschrift von LAZARUS ERCKER.²¹ Da schon geringe Mengen unedler Metalle die Eigenschaft des Silbers negativ verändern, war die Überprüfung der Verformbarkeit, der Duktilität und der Farbe des Feinbrandsilbers nicht nur eine notwendige Qualitätsmaßnahme, sondern auch eine Maßnahme zur indirekten Bestimmung des Feingehaltes.

Berechnungen

Die Berechnungen der Mischungsverhältnisse der Metalle, um einen bestimmten Feingehalt zu erhalten (Alligationsrechnung) und die Umrechnungen zur Valuation nehmen im Allgemeinen einen Großteil der Probierbücher ein. Einige Probierbücher befassen sich fast nur mit derartigen Berechnungen, wobei jedes Beispiel im Einzelnen meist über Kreuzrechnungen erläutert wird. Die nicht dekadischen Umrechnungen sind auch heute noch trotz Anwendung allgemeiner Formeln mit einem großen Rechenaufwand verbunden.

Es soll ein Beispiel aus dem Probierbuch von J. E. V. CLAUS²² angeführt werden: Es hat jemand 5 und 8-lötiges Silber, daraus will er 6-lötiges fertigen. Wie viel in Mark muss er von jeder Sorte nehmen?

Es sollen c die Konzentrationen in Lot und m die dazugehörigen Massen in Mark sein, dann gilt:

$$c_1 m_1 + c_2 m_2 = c_E m_E,$$

$$c_1 = 5/16, c_2 = 8/16, c_E = 6/16; m_1 + m_2 = m_E = 1; m_1 = 1 - m_2$$

$$5/16 m_1 + 8/16 m_2 = 6/16$$

$$5/16 (1 - m_2) + 8/16 m_2 = 6/16$$

$$5/16 - 5/16 m_2 + 8/16 m_2 = 6/16$$

$$3/16 m_2 = 1/16$$

$$m_2 = 1/3$$

$$m_1 = 2/3$$

Für 3 Mark 6-lötiges Silber muss er 1 Mark 8-lötiges und 2 Mark 5-lötiges nehmen. Beim Ansatz von mehreren Komponenten sind immer erst zwei und dann jeweils eine weitere zu berücksichtigen.

²¹ ERCKER 1580, S. 208.

²² CLAUS 1753, S. 77.

Schlussbetrachtung

Auf dem Gebiet des Münzwesens sah Lazarus Ercker die Krönung der Probierkunst, was in einem seiner Berichte deutlich zum Ausdruck kommt:

*Und ob wohl jetziger Zeit [1580] Goldschmiede, gemeine Probierer und Kaufleut sich bedünken lassen / wann sie etliche Beschickung des Tiegels rechnen können / sie haben nunmehr die Kunst gar hinweg / so mangelts ihm doch noch an dem fürnemisten und besten stück / Nemlich daß sie bei keinem Müntzwerk gewesen / und dessen keinen rechten Verstand noch Übung haben / Deswegen von ihnen in diesen Sachen nichts fruchtbarlichs würde können verursacht werden.*²³

Die modernen Analyseverfahren sind schneller und genauer als die alte Probierkunst, jedoch kann diese dem Fachmann in Bezug auf Methode, Exaktheit und Urteilskraft wertvolle Anregungen geben.

Literatur

- AGRICOLA 1556: AGRICOLA, GEORGIUS: De re metallica libri XII, Basel 1556, Nachdruck übersetzt und bearbeitet von GEORG FRAUSTADT und hg. von HANS PRESCHER, Berlin 1974 (= Georgius Agricola, Ausgewählte Werke 8).
- BEIERLEIN 1959: BEIERLEIN, PAUL REINHARD: Lazarus Ercker, Berlin 1959 (= Freiburger Forschungshefte D 12).
- CLAUS 1753: CLAUS, JULIUS EBERHARD VOLKMAR: Kurtzgefaßte Anleitung zum Probieren und Münzen, Stolberg 1753, Nachdruck Auleben 2004.
- ERCKER 1580: ERCKER, LAZARUS: Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten vom Jahre 1580, eingeleitet und bearbeitet von PAUL REINHARD BEIERLEIN, Berlin 1960 (= Freiburger Forschungshefte D 34).
- GROTE 1865: GROTE, HERMANN: Die Geldlehre, Insbesondere: der Wiener Münzvertrag von 1857, die Goldkronen und die deutschen Handelsvereine, Leipzig 1865.
- HAMMER 1995: HAMMER, PETER: Über Feinsilbergehalte von Münzen unter Berücksichtigung historischer Quellen, in: Geldgeschichtliche Nachrichten 30, 1995, S. 192–195.
- HANSEN 1936: HANSEN, MAX.: Der Aufbau der Zweistofflegierungen, Berlin 1936.
- KAHNT/KNORR: KAHNT, HELMUT und KNORR, BERND: Alte Maße, Münzen Gewichte. Mannheim/Wien/Zürich 1987.

²³ BEIERLEIN 1959, S. 65.

KRUG 1974: KRUG, GERHARD: Die Meißnisch-Sächsischen Groschen 1338–1500, Berlin 1974.

MOESTA/FRANKE 1995: MOESTA, HASSO BERND und FRANKE, PETER ROBERT: Antike Metallurgie und Münzprägung, Basel/Boston/Berlin 1995.